

Ammónium- és nitrátion meghatározása ionszelektív membránelektrodokkal

Az ammónia- és nitrátelektrodokkal a növények nitrogén ellátása szempontjából két legfontosabb ion aktivitásának gyors mérése végezhető el. Meghatározható továbbá vízminták, növényi anyagok NH_4^+ -N és NO_3^- -N, valamint összes-nitrogén tartalma is.

Lehetővé válik oldatok, így mikrobiális tápközegek, tápoldatok, felszíni és felszín alatti vizek, öntözővizek, stb. NH_4^+ -N és NO_3^- -N aktivitásának folyamatos regisztrálása, aminek a talajokban végbe-menő anyagforgalom jellemzésén kívül, környezetvédelmi szempontból is nagy a jelentősége. Minthogy az ionszelektív elektrodokkal a mért ion oldatbeli aktivitása határozható meg, alkalmazásukkal a talaj természetes állapotát jobban megközelítő feltételek közötti mérés válik lehetővé [2, 22, 23, 26].

Az ammónium mérése ionszelektív elektróddal

Az ammóniaelektrod olyan kombinált gáz-elektrod, amely a vizes oldatban levő gáz állapotú ammónia mennyiségét méri, tehát az oldatot mérés előtt meg kell lúgosítani. pH 11 értéken az NH_4^+ gyakorlatilag teljes egészében NH_3 -á alakul (1. ábra). Az ábráról a pH ismeretében az $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ arány közvetlenül leolvasható. Az ammóniaelektrod felépítése olyan, hogy a külső mérendő oldatot a belső oldattól, — amely nagymennyiségű NH_4Cl -t tartalmaz — hidrofób membrán választja el. A membránon a gáz állapotú NH_3 mindaddig diffundál, míg parciális nyomása a membrán mindkét oldalán azonos nem lesz. Adott minta esetén az NH_3 parciális nyomása azonos annak koncentrációjával. Az NH_3 parciális nyomását a Henry-törvény írja le [7]. Ennek reakcióállandója függ a hőmérséklettől és az ionerősségtől, és kb. 20%-kal alacsonyabb 1 M NaCl oldatban, mint desztillált vízben. Az NH_3 oldódik a belső oldatban. A belső oldat ammóniumion-koncentrációját az ammónia oldódásakor keletkező

NH_4^+ gyakorlatilag nem befolyásolja, hiszen az tömény NH_4Cl oldat. Így az NH_3 koncentrációja egyenesen arányos az OH^- koncentrációjával.

$$|\text{OH}^-| = |\text{NH}_3| \cdot \text{konst.} \quad (1)$$

Amennyiben a külső és belső oldat ozmotikus nyomása eltérő, nemcsak ammónia, hanem vízgőz is diffundál át a membránon. A belső oldat nagyobb ozmotikus nyomása esetén az átdiffundáló vízgőz ezt a nyomást, és következésképpen az elektródpotenciál értékét is csökkenti, vagyis a ténylegesnél kisebb NH_3 koncentrációt regisztrál [7]. Ezért a mérés pontossága érdekében az NH_4^+ standard oldatok összesion-tartalmát a mérendő oldatokéval azonosra kell beállítani (0,2 M).

Az ionok közül a Hg^{2+} -ion még lúgos oldatban is erős komplexet képez az ammóniával. A Hg^{2+} ion az oldatból NaJ hozzáadásával távolítható el.

Az oldatban levő egyéb gázok, mint a CO_2 , HCN , SO_2 , Cl_2 nem befolyásolják a mérés eredményét. Az illékony aminok (etilamin, metilamin) zavarnak ugyan, de ritkán fordulnak elő.

A mérések folyamán lényeges az állandó hőmérséklet biztosítása, továbbá, hogy a mérendő oldat ne tartalmazzon szerves oldószereket, nedvesítőanyagokat, mert azok a membrán tulajdonságait megváltoztatják, vagy tönkreteszik azt [4, 7].

A mérés közbeni NH_3 veszteséget, amely különösen alacsony koncentrációjú oldatok esetében bír jelentőséggel úgy csökkenthetjük, hogy a legkisebbre választjuk a mért oldat felszín-térfogat arányát.

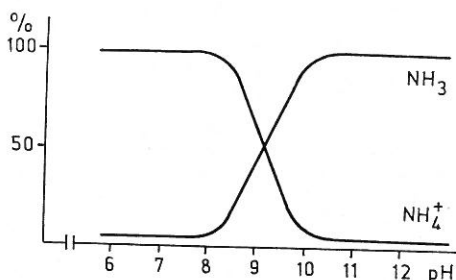
Az ammóniumion oldatbeli aktivitásának méréséhez előzetesen standard-görbe készítése szükséges 10^{-6} – 10^{-1} M NH_4^+ koncentráció tartományban.

Az NH_4^+ koncentrációjának méréséhez a standard adíciós módszer használható. A módszer előnye, hogy alkalmazásakor a mérendő oldat egyéb ionjainak ionösszetétele és ionerőssége nem befolyásolja

a mérési eredményt. További előny, hogy nem szükséges standard-görbét készíteni [7].

Az ammóniaelektrod felépítése a 2. ábrán, elvi vázlata a 3. ábrán látható.

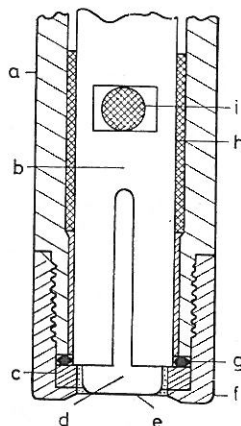
NH_3 meghatározás ammóniaelektroddal történhet vízmintákból, talajkivonatokból és Kjeldahl-módszerrel elroncsolt



1. ábra

Az $\text{NH}_3/\text{NH}_4^+$ rendszer fázisdiagramja [7]

növényi anyagokból. BRENNER és TABATABAI [5] hagyományos vízgőzdesztillációs módszerrel és elektroddal mérték Kjeldahl eljárása szerint roncsolt talajminták összes-nitrogén tartalmát. Az eredeti és módosított Kjeldahl-módszerrel kapott eredmények jól egyeztek. Az elektro-

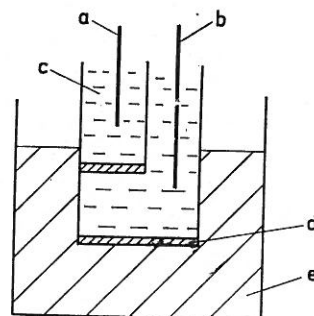


2. ábra

Az ammóniaelektrod felépítése. a) külső test; b) belső test; c) távtartó; d) érzékelő elem; e) membrán; f) alsó sapka; g) alátét; h) belső töltő oldat; i) referencia-elem [7]

dot javasolják talajok összes-nitrogén tartalmának meghatározására, mert így kiküszöbölhető az időigényes vízgőzdesztilláció és az azt követő titrálás. A vizsgált talajokban az összes-nitrogén tartalom 0,046–0,788%, a pH érték 4,8–7,7, mechanikai összetételükben a homokfrakció 2–93%, az agyagfrakció 5–72%, a szervesanyagtartalom 0,47–9,38% között változott.

THOMAS és BOOTH [27] összehasonlították az ammóniaelektrod mérési eredményeit az automatizált indofenol-kék módszerével. Az elektroddal történő mérés kismértékben pontosabbnak bizonyult, statisztikai megbízhatóságban a két módszer megegyezett. Különböző vízmintákat analízálva megállapították, hogy az elektrod legeredményesebben szennyvizek $\text{NH}_3\text{-N}$ tartalmának mérésére használható.



3. ábra

Az ammóniaelektrod elvi felépítése. a) Referencia-elem; b) érzékelő elem; c) belső töltő oldat; d) membrán; e) minta-oldat

Az ammóniaelektroddal nitrát-nitrogén meghatározása is elvégezhető. Ismeretlen összesion-összetételű oldatok nitrát-nitrogénjét ammóniává történő redukción követően előnyös meghatározni. Ugyanis a nitrátelektroddal történő $\text{NO}_3\text{-N}$ meghatározásakor az oldatban levő egyéb ionok nagymértékben befolyásolhatják a mérési eredményt.

A tapasztalatok szerint az elektrodos mérés reprodukálhatósága $\pm 0,5$ mV.

A szerzők egyöntetű véleménye, hogy az elektrod-módszer gyorsasága, egyszerűsége és széles körű alkalmazási lehetősége miatt, valamint amiatt, hogy mérési tartománya 0,017–17 ppm NH_3 koncentrációk közé esik, vízminták-, talaj- és növényi anyag kivonatok $\text{NH}_4\text{-N}$ tartalmának sorozatvizsgálatára alkalmas.

A nitrátion mérése ionszelektív membrán-elektróddal

A nitrátelektród működésének elméletét több szerző is részletesen tárgyalja [6, 18, 24, 26]. Lényeges, hogy a perm-szelektív elektródoknak a membránváz töltésétől és pórusméretétől függő fizikai szelektivitásuk van. Ezek az ionok fajlagos, kémiai minőség szerinti meghatározását nem teszik lehetővé. A nitrátion membránelektrodos meghatározásakor ezért jelentős az egyéb, oldatban levő ionok hatása. A mérés során az ebből eredő mérési hiba százalékos értéke az alábbi összefüggésből kapható meg:

$$\% \text{hiba} = \frac{100 K_x A_x^{\frac{1}{n}}}{A_{\text{NO}_3^-}} \quad (2)$$

ahol: K_x — a zavaró anion szelektivitási konstansa

A_x — a zavaró anion aktivitása az oldatban

n — a zavaró anion vegyértéke

$A_{\text{NO}_3^-}$ — a nitrátion aktivitása az oldatban

A talaj- és növényanalízisekben a következő anionok zavaró hatásával kell számolni: HCO_3^- , Cl^- , PO_4^{3-} , SO_4^{2-} , NO_3^- .

Az elektród méréshatára 10^{-5} – 10^{-1} M nitrát-koncentráció tartományban van. 10^{-5} M-nál kisebb koncentráció esetén a módszer nem használható, mert az ioncserélő oldat kismértékben vízdoldható és az oldott ioncserélőből disszociáló NO_3^- mintegy 10^{-5} M-os háttérrel ad. A 10^{-1} M és ennél nagyobb nitrát-aktivitású oldatokban az elektród jelleggörbéje már nem lineáris.

Általában a két sóhidas (double junction) Ag/AgCl referenciaelektrod [9] használata az elterjedt, néhány szerző [4, 19] azonban kalomel, vagy egy sóhidas (single junction) referenciaelektrod [10] alkalmaz méréseihez. A kettős sóhídú referenciaelektrod belső KCl sóhídját a mérendő oldattal egy második, a mérést nem befolyásoló iont tartalmazó sóhíd köti össze. Így ez az elektródtípus, az egy sóhidas referenciaelektroddal ellentétben nem szennyezi a mintaoldatot, viszont az első és a második sóhíd között felléphet egy rossz szul definiálható, ún. érintkezési potenciál. A megfelelő referenciaelektrod kiválasztása lényeges a mérés pontossága szempontjából, mert 1 mV eltérés az elektródpotenciál-értékben 25°C -on 4% hibát jelent.

A referenciaelektrodok működése úgy ellenőrizhető, hogy a pH-mérő készülékhez egy másik — az előző referencia-

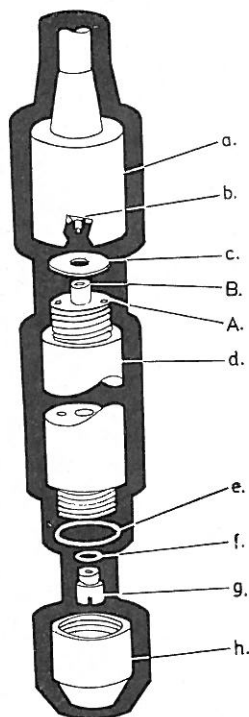
elektroddal megegyező típusú — referenciaelektrodot csatlakoztatnak a nitrát elektród helyére.

Az elektród a hőegyensúly beállta után (1–1,5 óra) 0 – 50°C között használható.

A mérést oxidáló és redukáló anyagok jelenléte nem zavarja. Az elektródttest műanyagból készül, ezért statikus elektromossággal könnyen feltöltődhet, pl. törlés alkalmával, ami irreális mérési értékekhez vezet. Ennek kiküszöbölésére az elektródttest külső, folyadékba merülő részét vékony rétegben az ioncserélő oldattal javasolják bevonni.

A nitrátelektroddal történő aktivitás- és koncentráció mérések számára az előzőekben ismertetett módszerek szolgálnak.

A nitrátelektrod felépítése a 4. ábrán látható. Az elektródttest két — egymással nem közlekedő — üreget tartalmaz, amelyek egyike („A”) az ioncserélő oldatot, másika („B”) a belső töltő oldatot tartalmazza.



4. ábra

A nitrátelektrod felépítése. a) Felső sapka; b) kis körgyűrű; c) lapos alátét; d) elektródttest; e) nagy körgyűrű; f) kis körgyűrű g) membrántartó; h) alsó sapka [8]

A nitrátelektrod alkalmas vízmin-ták, vizes talajkivonatok, növényi anyagok és talajok nitrát koncentrációjának meghatározására.

KEENEY, BRYNES és GENSON [12] vízmin-ták NO_3^- koncentrációját mérték és összehasonlították az elektrod mérési eredményeit a BREMNER által kidolgozott vízgőzdesztillációs technika [3] és a fenol-diszulfonsavas módszer [13] mérési eredményeivel. 10^{-2} M KCl sóhidú referenciaelektrodot használtak. Tapasztalataik szerint az elektróddal kapott mérési eredmények pontatlanabbak és alacsonyabbak voltak a másik két módszerrel mért értékeknél. Eredményeiket nem befolyásolta, ha a szulfidot, bikarbonátot, karbonátot eltávolították az oldatból. Azt a következtetést vonták le, hogy bár az elektrodos módszer kevésbé pontos, gyorsasága és egyszerűsége miatt 10 mg/l-nél nagyobb nitrát-koncentrációjú vízmin-ták elemzésére alkalmas.

MYERS és PAUL [19] vízzel, híg $\text{CuSO}_4 + \text{Ag}_2\text{SO}_4$ -tal és telített gipszoldattal történő extrahálás után meghatározták talajkivonatok nitráttartalmát. Méréseikhez kalomel referenciaelektrodot használtak. Az eredmények jól egyeztek, viszont az elektrod 0,5 N ammóniumacetátos, 0,5 N NaHCO_3 -os és 2N KCl-es kivonatokban az anionok zavaró hatása miatt nem volt használható. A nagy klorid- és nitrítartalmú talajoknál a kloridot AgSO_4 -tal, a NO_2^- -t pedig szulfaminsavval javasolják eltávolítani.

BREMNER, BUNDY és AGARWAL [4] ugyancsak 1:2 arányú talaj-víz szuszpenzió nitráttartalmát határozták meg. A méréshez 10^{-2} M KCl sóhidú referenciaelektrodot használtak. Szoros egyezést találtak az elektróddal és a vízgőzdesztillációval kapott eredmények között. 10%-nál nagyobb hibát észleltek 10 ppm nitrát-koncentrációjú oldatban $1,4 \cdot 10^{-3}$ M szulfát, $1,4 \cdot 10^{-3}$ M nitrit, $1,4 \cdot 10^{-3}$ M dihidrogén-foszfát, $7,1 \cdot 10^{-3}$ M klorid jelenlétében, így fokozott figyelmet ajánlanak nagy só-tartalmú talajok nitrátmérésékor.

MAHENDRAPPA [15] mérései szerint az elektrodos és a vízgőzdesztillációs módszerekkel kapott eredmények jól egyeztek, míg a kolorimetriás és a fenol-diszulfonsavas mérés eredményei kissé eltértek. A mérést zavaró nitrit elbontására szulfaminsavat javasol, amely szerinte nem befolyásolja a mérés pontosságát, ugyanakkor a 6%-os hibát 0,4%-ra csökkenti.

MACK és SANDERSON [14] talajkivonatok nitráttartalmát mérték. Megvizsgálták, hogyan befolyásolja a talajkivonatok koloidanyag-tartalma a mérési eredménye-

ket. Az elektrodos módszerrel kapott értékeket összehasonlították kolorimetrikus és redukciós módszerekkel kapott eredményekkel. A mérésekhez egy sóhidás referenciaelektrodot használtak. A 0,25 M K_2SO_4 (1 : 2 talaj-oldat arány) talajkivonatok analízis eredményeit a pH értéke (2–7 pH) nem befolyásolja. A membrán-elektroddal kapott adatok megegyeztek a másik két módszer eredményeivel, amikor homok-talajok szűrt, vizes kivonatait vizsgálták. Ugyanezen feltételek mellett vályog és agyag-talajok nitráttartalmát a membrán-elektroddal 0,6–7 ppm-el nagyobbban mérték, mint a másik két módszerrel. A következetesen magasabb értékek inkább a talajok agyagtartalmával, mint szerves széntartalmával függtek össze. Mind a szűrt, mind a szűretlen min-ták telített CaSO_4 -es kivonatainak analízis adatai nagyon jól egyeztek. A vizes talajkivonatok kolloidtartalmát szerves polimer flokkulálószerrel történő flokkulálás után szűréssel eltávolítva, a membrán-elektroddal és a kolorimetrikus módszerrel kapott értékek csökkentek, a nem flokkulált és nem szűrt vizes kivonatok adataihoz képest.

NAIR és TALIBUDEEN [20] talajpaszták és talajok in situ NO_3^- -N tartalmát mérték elektróddal. Az 1 : 1 talaj-víz pasztában mért értékek megegyeztek az 1 : 2,5 arányú talaj-víz szuszpenzióban mért értékekkel.

PAUL és CARLSON [21] növényi min-tákat analízáltak. A növénymin-tákban előforduló különböző anionok eltávolítására ioncserélő műgyantákat használtak. Az alumíniumionnal telített savas műgyanta megkötötte a HCO_3^- -at és komplexbe vitte a szerves anionokat. Ezen a pH-értéken (pH 4) a szerves savak ionizációja és ezzel együtt zavaró hatásuk is csökkent. RAVEH [25] azt tapasztalta, hogy a szerves anionok zavarása akkor volt a legkisebb, ha a mérendő min-tákhoz 0,25 M nátrium-citrátot adott 9 : 1 arányban. A növénymin-tákban előforduló klorid zavaró hatásának megszüntetésére ezüstionnal telített műgyantát használtak. 2 g%-os klorid-tartalom 10%-nál nagyobb hibát okozott a nitrátkoncentráció mérésekor, <500 ppm nitrátkoncentráció esetén. A klorid ezüstsókkal történő eltávolítása azonban nem problémamentes, ugyanis az ezüst-ion felesleg kölcsönhatásba léphet a referencia-elektrod sóhidjával és instabil, szignifikánsan alacsonyabb elektrodpotenciál-értékekhez vezethet. Szerzők szerint a műgyantában levő ezüstionok a mérést nem zavarják, és segítségükkel 5–6%-nyi klorid is eltávolítható a mérendő oldatból. Az elektrodos módszer eredményei jól

egyeztek a fenol-diszulfonsavas módszerrel mért értékekkel (a relatív standard hibák átlaga: 3,1%).

BAKER és SMITH [1] növényminták analíziséhez 10 $\mu\text{g}/\text{ml}$ nitrátion koncentrációjú 0,025 M-os alumínium-szulfát oldatot használtak kivonószerként, így a kalibrációs görbe közel egyenessé vált, és lerövidíthették az elektródpotenciál stabilizációjának idejét. Az Ag^+ ionnal telített műgyantát nem találták megfelelőnek a kloridion eltávolítására, mert méréseik szerint alkalmazása esetén a valódinál alacsonyabb értékeket kaptak. Ennek okát, abban látták, hogy az alumínium-szulfát kivonószerekben levő alumíniumion helyettesíti a műgyantában az ezüstiont, és a szabadbá váló, fölöslegbe kerülő Ag^+ csapadékba viszi a referenciaelektrod sóhidjának kloridionját. A nitrátelektrodos módszert kiválónak tartják állati takarmányok toxikus nitrátkoncentrációjának meghatározására, valamint különböző termények kritikus nitráttartalmának megítélésére. Megjegyzik, hogy fiatal, vagy az érési stádium kezdetén levő növényekben az NO_3^- -N tartalom a legmagasabb, míg az oldható klorid mennyisége a legalacsonyabb. Az alacsony kloridkoncentráció a nitrátnitrogén nitrátelektrodos meghatározása számára kedvező. Az aktuálisan meglevő nitrát mennyisége a későbbi termés alakulása szempontjából a legkritikusabb, ezért ebben az időszakban kell annak meghatározását elvégezni.

VOOGHT [28] spenót nitráttartalmát határozta meg. Mérési adatai azt mutatják, hogy a Cl^- és az oxalát nem befolyásolta a mérések pontosságát. Az elektród-módszer hibáját kisebbnek becsülte 3%-nál.

JACIN [11] dohány nitráttartalmát mérte. Amberlite IR 20 alkalmazásával eredményei pontosabbakká váltak, különösen amikor a méréseket 3,5–3,7 pH-jú oldatban végezte. A módszert lényegesen gyorsabbnak és megbízhatóbbnak ítélte a xilenol-módszernél.

MANAHAN [16] a bakteriális tápközegben folyó nitrátredukciót követte nyomon. Az elektród nem zavarta a bakteriális tevékenységet. A nitrát csak akkor zavarta a mérést jelentős mértékben, amikor koncentrációja meghaladta a nitrátét. MANAHAN [17] fluorid-elektrodot használt referenciaelektrodként. A fluorid-elektrod elvileg ideális, mert működését egyéb ionok nem befolyásolják. A nitrát meghatározásakor referencia-elektrodként való általános használatra azonban további vizsgálatokat igényel.

Irodalom

- [1] BAKER, A. S. & SMITH, R.: Extracting solution for potentiometric determination of nitrate in plant tissue. *J. Agr. Food. Chem.* 17. 1284–1287. 1969.
- [2] BEAR, F. E. ed.: *Chemistry of Soil* Reinhold. New York, 107–149. 1955.
- [3] BREMNER, J. M.: Total nitrogen, in „Methods of soil analysis”, Part 2 (Black, C. A. ed.), Amer. Soc. Agronomy Madison, 1149–1232. 1965.
- [4] BREMNER, J. M., BUNDY, L. G. & AGARWALL, A. S.: Use of a selective ion electrode for determination of nitrate in soils *Anal. Letter* 1. 837–844. 1968.
- [5] BREMNER, J. M. & TABATABAI, M. A.: Use of an ammonia electrode for determination of ammonium in Kjeldahl analysis of soils *Comm. Soil Sci. Plant Anal.* 3. 149–165. 1972.
- [6] CSÁNYI, L., FARSANG, GY. & SZAKÁCS, O.: Műszeres analízis. Tankönyvkiadó, Budapest, 333–350. 1968.
- [7] Instruction Manual, Ammonia Electrode Model 95–100, ORION Research Inc., Cambridge Mass., 1973.
- [8] Instruction Manual, Nitrate Ion Electrode Model 92–107, ORION Research Inc., Cambridge, Mass., 1974.
- [9] Instruction Sheet, Double Junction Reference Electrode Model 90–02, ORION Research, Inc., Cambridge, Mass., 1974.
- [10] Instruction Sheet, Single Junction Reference Electrode Model 90–101, ORION Research Inc., Cambridge, Mass., 1970.
- [11] JACIN, H.: Quantitative determination of nitrate in tobacco using a specific ion electrode. *Tobacco Sci.* 14. 28–30. 1970.
- [12] KEENEY, D. R., BYRNES, B. H. & GENSON J. J.: Determination of nitrate in waters with the nitrate selective electrode. *Analyst.* 85. 383–386. 1970.
- [13] KOLTHOFF, I. M. & ELVING, P. J. (Ed.): *Treatise on Analytical Chemistry* Part 2. Analytical Chemistry of Elements Vol. 5. Interscience Publishers, New York–London, 268–275. 1961.
- [14] MACK, A. R. & SANDERSON, R. B.: Sensitivity of the nitrate ion membrane electrode in various soil extracts. *Can. J. Soil Sci.* 51. 95–104. 1971.
- [15] MAHENDRAPPA, M. K.: Determination of nitrate nitrogen in soil extracts using a specific ion activity electrode. *Soil Sci.* 108. 132–136. 1969.
- [16] MANAHAN, S. E.: Nitrate ion selective electrode in microbial media. *Appl. Microbiol.* 18. 479–491. 1969.
- [17] MANAHAN, S. E.: Fluoride electrode as a reference in the determination of nitrate ion. *Anal. Chem.* 42. 128–129. 1970.
- [18] McCASLIN, B. D., FRANCOLIN, W. T. & DILLON, M. A.: Rapid determination of nitrate nitrogen in sugar-beets with the specific ion electrode in „Instrumental methods for analysis of soil and plant tissue” (Wals, L. M. ed.), Soil Sci. Soc. Amer., Madison, 39–65. 1971.
- [19] MYERS, R. J. K. & PAUL, E. A.: Nitrate ion electrode method for soil nitrate nitrogen determination. *Can. J. Soil Sci.* 48. 369–371. 1968.
- [20] NAIR, P. K. R. & TALIBUDEEN, O.: Dynamics of K and NO_3 concentrations in the root zone of winter wheat at Broadbalk using specific-ion electrodes. *J. Agric. Sci., Camb.* 81. 327–337. 1973.
- [21] PAUL, J. L. & CARLSON, R. M.: Nitrate determination in plant extracts by the nitrate ion electrode. *J. Agr. Food Chem.* 16. 766–768. 1968.
- [22] PEECH, M. & SCOTT, A. D.: Determination of ionic activities in soil-water systems by means of the Donnan membrane equilibrium. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 15. 115–119. 1950.
- [23] POTTERTON, S. S. & SHULTS, W. D.: An evaluation of the performance of the nitrate-selective electrode. *Anal. Letter* 1. 11–12. 1967.
- [24] PUNGOR, E. & TOTI, K.: Selectivity of ion-specific membrane electrodes. *Anal. Chem. Acta.* 47. 291–297. 1969.

- [25] RAVEH, A.: The adaptation of the nitrate-specific electrode for soil and plant analysis. *Soil Sci.* **116.** 388—389. 1973.
- [26] RÉDLY, L.: Ionszelektív elektródok alkalmazása ionaktivitás közvetlen mérésére a talajtani és agrokémiai vizsgálatokra. *Agrokémia és Talajtan*, **25.** 191—204. 1976.
- [27] THOMAS, R. F. & BOOTH, R. L.: Selective electrode measurement of ammonia in water and wastes. *Environ. Sci. Techn.* **7.** 523—526. 1973.
- [28] VOOGHT, P.: The measurement of nitrate in spinach using a nitrate selective electrode. *Deut. Lebensm. Rundsch.* **65.** 196—198. 1969.

RAJKAI KÁLMÁN

MTA Talajtani és Agrokémiai
Kutató Intézete, Budapest

Érkezett: 1976. április 8.